

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

IN RE APPLICATION OF: Patrick AUDEBERT, et al.

GAU:

SERIAL NO: New Application

EXAMINER:

FILED: Herewith

FOR: CHARGES CIRCUIT READING BY CALIBRATION AND CHARGE READING PROCEDURE BY CALIBRATION



REQUEST FOR PRIORITY

ASSISTANT COMMISSIONER FOR PATENTS  
WASHINGTON, D.C. 20231

SIR:

- ☐ Full benefit of the filing date of U.S. Application Serial Number, filed, is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §120.
- ☐ Full benefit of the filing date of U.S. Provisional Application Serial Number, filed, is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119(e).
- ☒ Applicants claim any right to priority from any earlier filed applications to which they may be entitled pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119, as noted below.

In the matter of the above-identified application for patent, notice is hereby given that the applicants claim as priority:

<u>COUNTRY</u>	<u>APPLICATION NUMBER</u>	<u>MONTH/DAY/YEAR</u>
FRANCE	00 15899	December 7, 2000

Certified copies of the corresponding Convention Application(s)

- ☒ are submitted herewith
- ☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee
- ☐ were filed in prior application Serial No. filed
- ☐ were submitted to the International Bureau in PCT Application Number .  
Receipt of the certified copies by the International Bureau in a timely manner under PCT Rule 17.1(a) has been acknowledged as evidenced by the attached PCT/IB/304.
- ☐ (A) Application Serial No.(s) were filed in prior application Serial No. filed ; and  
(B) Application Serial No.(s)  
☐ are submitted herewith  
☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee

Respectfully Submitted,

OBLON, SPIVAK, McCLELLAND,  
MAIER & NEUSTADT, P.C.

Marvin J. Spivak  
Registration No. 24,913



22850

Tel. (703) 413-3000  
Fax. (703) 413-2220  
(OSMMN 10/98)

C. Irvin McClelland  
Registration Number 21,124

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

Docket No. 216203US2

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

INVENTOR(S) Patrick AUDEBERT, et al.

SERIAL NO: New Application

FILING DATE: Herewith

FOR: CHARGES CIRCUIT READING BY CALIBRATION AND CHARGE READING PROCEDURE BY CALIBRATION

1c986 U.S. PTO  
09/990336  
11/23/01

FEE TRANSMITTAL

ASSISTANT COMMISSIONER FOR PATENTS  
WASHINGTON, D.C. 20231


FOR	NUMBER FILED	NUMBER EXTRA	RATE	CALCULATIONS
TOTAL CLAIMS	14 - 20 =	0	× \$18 =	\$0.00
INDEPENDENT CLAIMS	3 - 3 =	0	× \$84 =	\$0.00
■ MULTIPLE DEPENDENT CLAIMS (If applicable)			+ \$280 =	\$280.00
■ LATE FILING OF DECLARATION			+ \$130 =	\$130.00
BASIC FEE				\$740.00
TOTAL OF ABOVE CALCULATIONS				\$1,150.00
□ REDUCTION BY 50% FOR FILING BY SMALL ENTITY				\$0.00
□ FILING IN NON-ENGLISH LANGUAGE			+ \$130 =	\$0.00
□ RECORDATION OF ASSIGNMENT			+ \$40 =	\$0.00
TOTAL				\$1,150.00

- ☐ Please charge Deposit Account No. 15-0030 in the amount of \_\_\_\_\_ A duplicate copy of this sheet is enclosed.
- ☒ A check in the amount of **\$1,150.00** to cover the filing fee is enclosed.
- ☒ The Commissioner is hereby authorized to charge any additional fees which may be required for the papers being filed herewith and for which no check is enclosed herewith, or credit any overpayment to Deposit Account No. 15-0030.  
A duplicate copy of this sheet is enclosed.

Respectfully Submitted,

OBLON, SPIVAK, McCLELLAND,  
MAIER & NEUSTADT, P.C.

Date: 11/23/01

  
Marvin J. Spivak  
Registration No. 24,913

C. Irvin McClelland  
Registration Number 21,124



22850

Tel. (703) 413-3000  
Fax. (703) 413-2220  
(OSMMN 10/00)

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

# BREVET D'INVENTION

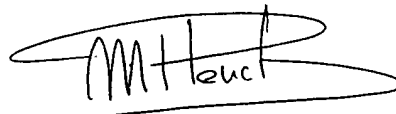
CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

## COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le **24 OCT. 2001**

Pour le Directeur général de l'Institut  
national de la propriété industrielle  
Le Chef du Département des brevets



Martine PLANCHE

CERTIFIED COPY OF  
PRIORITY DOCUMENT





26 bis, rue de Saint Pétersbourg  
75800 Paris Cedex 08  
Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 94 86 54

# BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



N° 11354\*01

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE 1/2

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire



DB 540 W / 260899

<b>REMISE DES PIÈCES</b> DATE <b>75 INPI PARIS</b> LIEU N° D'ENREGISTREMENT <b>0015899</b> NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE PAR L'INPI <b>07 DEC. 2000</b>		<b>1 NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE</b>  BREVATOME 3 rue du Docteur Lancereaux 75008 PARIS	
<b>Vos références pour ce dossier (facultatif)</b> B 13608.3/PR DD 2090			
<b>Confirmation d'un dépôt par télécopie</b> <input type="checkbox"/> N° attribué par l'INPI à la télécopie			
<b>2 NATURE DE LA DEMANDE</b>		<b>Cochez l'une des 4 cases suivantes</b>	
Demande de brevet <input checked="" type="checkbox"/>			
Demande de certificat d'utilité <input type="checkbox"/>			
Demande divisionnaire <input type="checkbox"/>			
Demande de brevet initiale N° _____ Date ____/____/____			
ou demande de certificat d'utilité initiale N° _____ Date ____/____/____			
Transformation d'une demande de brevet européen <input type="checkbox"/> N° _____ Date ____/____/____			
<b>3 TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)</b> CIRCUIT DE LECTURE DE CHARGES PAR CALIBRATION ET PROCEDE DE LECTURE DE CHARGES PAR CALIBRATION.			
<b>4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE</b>		Pays ou organisation _____ N° _____ Date ____/____/____ Pays ou organisation _____ N° _____ Date ____/____/____ Pays ou organisation _____ N° _____ Date ____/____/____ <input type="checkbox"/> S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
<b>5 DEMANDEUR</b>		<input type="checkbox"/> S'il y a d'autres demandeurs, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
Nom ou dénomination sociale		COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE	
Prénoms			
Forme juridique		Etablissement public de Caractère Scientifique, Technique et Industriel	
N° SIREN			
Code APE-NAF			
Adresse	Rue	31-33 rue de la Fédération	
	Code postal et ville	75752	PARIS 15ème
Pays		FRANCE	
Nationalité		FRANCAISE	
N° de téléphone (facultatif)			
N° de télécopie (facultatif)			
Adresse électronique (facultatif)			



BREVET D'INVENTION  
CERTIFICAT D'UTILITÉ

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE 2/2

REMISE DES <b>22 DEC 2008</b> Réservé à l'INPI	
DATE <b>75 INPI PARIS</b>	
LIEU	
N° D'ENREGISTREMENT <b>0015899</b>	
NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI	
DB 540 W / 260299	
<b>Vos références pour ce dossier :</b> (facultatif)	
B 13608.3/PR DD 2090	
<b>6 MANDATAIRE</b>	
Nom <b>RICHARD</b>	
Prénom <b>Patrick</b>	
Cabinet ou Société <b>BREVATOME</b> 422.5/S002	
N° de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel <b>7068 du 12.06.98</b>	
Adresse	Rue <b>3 rue du Docteur Lancereaux</b>
	Code postal et ville <b>75008 PARIS</b>
N° de téléphone (facultatif) <b>01.53.83.94.00</b>	
N° de télécopie (facultatif) <b>01.45.63.83.33</b>	
Adresse électronique (facultatif) <b>spibrev@easynetfr.</b>	
<b>7 INVENTEUR (S)</b>	
Les inventeurs sont les demandeurs <input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non Dans ce cas fournir une désignation d'inventeur(s) séparée	
<b>8 RAPPORT DE RECHERCHE</b>	
Uniquement pour une demande de brevet (y compris division et transformation)	
Établissement immédiat ou établissement différé <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
Paie ment échelonné de la redevance	
Paie ment en trois versements, uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non	
<b>9 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES</b>	
Uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Requête pour la première fois pour cette invention (joindre un avis de non-imposition) <input type="checkbox"/> Requête antérieurement à ce dépôt (joindre une copie de la décision d'admission pour cette invention ou indiquer sa référence) :	
Si vous avez utilisé l'imprimé «Sulte», indiquez le nombre de pages jointes	
<b>10 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE</b> (Nom et qualité du signataire)	
<b>P. RICHARD</b> 422-5 S/002	
	
<b>VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE L'INPI</b>	
 <b>C. TRAN</b>	

La loi n°78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés s'applique aux réponses faites à ce formulaire. Elle garantit un droit d'accès et de rectification pour les données vous concernant auprès de l'INPI.



**DÉPARTEMENT DES BREVETS**

26 bis, rue de Saint Pétersbourg  
75800 Paris Cedex 08  
Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 93 59 30

**DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) Page N° 1. / 1.**

(Si le demandeur n'est pas l'inventeur ou l'unique inventeur)

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 113 W / 260899

<b>Vos références pour ce dossier</b> (facultatif)		B 13608.3/PR DD 2090	
<b>N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL</b>		6015899	
<b>TITRE DE L'INVENTION</b> (200 caractères ou espaces maximum) CIRCUIT DE LECTURE DE CHARGES PAR CALIBRATION ET PROCEDE DE LECTURE DE CHARGES PAR CALIBRATION.			
<b>LE(S) DEMANDEUR(S) :</b> COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE 31/33 rue de la Fédération 75752 PARIS 15ème			
<b>DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) :</b> (Indiquez en haut à droite «Page N° 1/1» S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez un formulaire identique et numérotez chaque page en indiquant le nombre total de pages).			
<b>Nom</b>		AUDEBERT	
<b>Prénoms</b>		Patrick	
<b>Adresse</b>	<b>Rue</b>	11 rue Marcel Peretto	
	<b>Code postal et ville</b>	38100	GRENOBLE
<b>Société d'appartenance</b> (facultatif)			
<b>Nom</b>		PANTIGNY	
<b>Prénoms</b>		Philippe	
<b>Adresse</b>	<b>Rue</b>	31 rue de la Balmette	
	<b>Code postal et ville</b>	38640	CLAIX
<b>Société d'appartenance</b> (facultatif)			
<b>Nom</b>		MOTTIN	
<b>Prénoms</b>		Eric	
<b>Adresse</b>	<b>Rue</b>	2726 route de Narbonne	
	<b>Code postal et ville</b>	38950	SAINT MARTIN- LE- VINOUX
<b>Société d'appartenance</b> (facultatif)			
<b>DATE ET SIGNATURE(S)</b> <b>DU (DES) DEMANDEUR(S)</b> <b>OU DU MANDATAIRE</b> (Nom et qualité du signataire) Paris le 7 Décembre 2000  P. RICHARD <i>P. Richard</i> 422-5 S/002			

# **CIRCUIT DE LECTURE DE CHARGES PAR CALIBRATION ET PROCEDE DE LECTURE DE CHARGES PAR CALIBRATION**

## Domaine technique et art antérieur

5 L'invention concerne un circuit de lecture de charges ainsi qu'un procédé de lecture de charges.

Plus particulièrement, l'invention concerne un dispositif de lecture de charges issues de la détection d'un rayonnement par une matrice de  $N \times M$  détecteurs  
10 élémentaires ainsi qu'un procédé de lecture de charges mis en œuvre par un tel dispositif de lecture.

Les rayonnements détectés peuvent être, par exemple, des rayonnements aux longueurs d'ondes de l'infrarouge, du visible ou des rayons X. La lecture  
15 d'un circuit détecteur agencé sous forme d'une matrice de  $N$  lignes par  $M$  colonnes de détecteurs élémentaires s'effectue par balayage, ligne par ligne ou colonne par colonne.

La figure 1 représente un dispositif de  
20 détection de rayonnement selon l'art antérieur.

Le dispositif de détection comprend  $N \times M$  détecteurs élémentaires  $\Delta_{ij}$  ( $i=1, \dots, N$  ;  $j=1, \dots, M$ ),  $N \times M$  points élémentaires  $P_{ij}$ ,  $M$  bus colonne  $BC_j$ ,  $M$  amplificateurs de charges  $A_j$  et un circuit de  
25 multiplexage  $MX$ . Chaque point élémentaire  $P_{ij}$  comprend un transistor  $T_p$  pour adapter l'impédance du détecteur élémentaire  $\Delta_{ij}$  au circuit de lecture, un transistor  $T_c$  d'intégration et un transistor  $T_a$  d'adressage.

Le détecteur  $\Delta_{ij}$  est, par exemple, un détecteur  
30 photovoltaïque de type  $N$  sur substrat  $P$ . Le transistor  $T_p$  est un transistor NMOS monté en grille commune et

dont la source et le drain sont respectivement connectés au détecteur et à la source du transistor NMOS d'intégration Tc.

5 Ce type d'architecture de circuit de lecture est communément désigné par architecture de type SCA (l'acronyme SCA provient de l'anglais « Snapshot Charge Amplifier »).

10 Un signal d'horloge HP appliqué à la grille de tous les transistors Tp définit le temps de prise de vue.

La fonction d'intégration est ici réalisée au moyen du transistor NMOS Tc dont la source et le drain sont reliés, d'une part, au drain du transistor Tp et, d'autre part, à la diode d'entrée du transistor NMOS d'adressage Ta. Dans certains cas, la source et le drain de Tc peuvent être court-circuités.

20 Un même signal d'horloge HC<sub>i</sub> (i=1, ..., N) est appliqué sur la grille de tous les transistors Tc d'une même ligne. Chaque ligne du circuit de lecture est attaquée par un signal d'horloge HC<sub>i</sub> différent.

Le transistor NMOS d'adressage Ta est monté en interrupteur entre le drain du transistor Tc et la connexion au bus colonne BC<sub>j</sub>.

25 Un même signal d'horloge HA<sub>i</sub> (i=1, ..., N) est appliqué sur la grille des transistors Ta d'une même ligne. Chaque ligne du circuit de lecture est attaquée par un signal d'horloge HA<sub>i</sub> différent.

30 L'amplificateur de charges A<sub>j</sub> (j=1, ..., M) comprend un amplificateur différentiel AC, un condensateur Ca et un transistor Tr.

Le bus colonne  $BC_j$  relie la sortie des points élémentaires  $P_{ij}$  d'une même colonne à l'entrée inverseuse de l'amplificateur différentiel AC dont l'entrée non-inverseuse est reliée à une alimentation  
 5  $V_{ref}$ .

La capacité  $C_a$  et le transistor  $Tr$  sont montés en parallèle entre l'entrée inverseuse et la sortie de l'amplificateur différentiel AC. Le transistor  $Tr$  est utilisé comme interrupteur pour réinitialiser la  
 10 capacité  $C_a$  entre la lecture de deux lignes consécutives. La grille du transistor  $Tr$  est pilotée par un signal d'horloge  $HR$ . Une tension  $V_j$  est recueillie en sortie de l'amplificateur différentiel AC.

15 Les paquets de charges des points élémentaires  $P_{ij}$  d'une même ligne de rang  $i$  sont convertis simultanément en tension par l'ensemble des amplificateurs de charges  $A_j$  placés à l'extrémité des bus colonne.

20 Les tensions  $V_j$  recueillies en sortie des amplificateurs de charges sont appliquées sur les différentes entrées d'un multiplexeur en tension  $MX$  à  $M$  entrées et une sortie. La tension  $V_s$  recueillie en sortie du multiplexeur  $MX$  prend alors pour valeur les  
 25 valeurs successives des tensions  $V_j$  ( $j=1, \dots, M$ ).

Lorsqu'une conversion charges-tension relative à une ligne de détecteurs a été effectuée, les amplificateurs de charges sont réinitialisés afin de permettre la conversion charges-tension d'une ligne  
 30 suivante.

Un inconvénient d'une structure telle que décrite ci-dessus est de générer un niveau élevé de bruit.

Dans l'hypothèse d'un bruit blanc, l'amplificateur de charges présente, aux fréquences situées dans sa bande passante, un facteur d'amplification relatif à sa tension de bruit intrinsèque qui est donné par la formule suivante:

$$G = ((C_{in} + C_a) / C_a)^{1/2}, \text{ où}$$

$C_{in}$  est une capacité parasite ramenée sur l'entrée inverseuse de l'amplificateur de charges, et  $C_a$  est la capacité de conversion de l'amplificateur de conversion charges/tension.

La capacité parasite  $C_{in}$  est proportionnelle au nombre de lignes de la matrice de détecteurs ainsi qu'au pas qui sépare deux détecteurs d'une même ligne et la capacité  $C_a$  est liée à la charge maximale intégrable dans un point élémentaire. Par ailleurs, le courant de fonctionnement des amplificateurs de charges est limité par la consommation imposée au circuit.

Il s'ensuit que le niveau de bruit du circuit de lecture est fonction de paramètres imposés par le cahier des charges. C'est en particulier le cas de composants de grande complexité (par exemple comprenant 640 x 480 points élémentaires), pour lesquels la puissance dissipée par les amplificateurs de charges est une des principales sources de consommation. Il n'est donc pas possible, selon l'art connu, de réaliser

des dispositifs de lecture de grand format ayant de bonnes performances en bruit.

Il apparaît ainsi que les architectures de type SCA de grande complexité sont limitées en performance de bruit. Ces limitations sont, par ailleurs, amplifiées pour des applications ayant une grande dynamique de scène à traiter, comme cela est mis en évidence, ci-dessous, à titre d'exemple, pour un senseur quantique d'image réalisé à partir de photodiodes HgCdTe hybridées sur un circuit CMOS et répondant au cahier des charges suivant :

- courant photonique maximum :

$$I_{ph}^{Max} = 2nA,$$

- durée de la prise d'image :

$$T_i = 1ms,$$

- tension de bruit rms équivalente ramenée en entrée de l'amplificateur de charges :

$$e_a = 80\mu V \text{ rms}$$

- capacité parasite de bus colonne (capacité parasite vue sur l'entrée inverseuse de l'amplificateur) :

$$C_{in} = 4pF$$

- excursion maximale de sortie de l'amplificateur de charges :  $\Delta V_s^{Max} = 2V$ .

Pour un tel senseur d'image, la charge maximale qu'il est possible de stocker dans un point d'image élémentaire est :

$$Q_{PEL}^{Max} = I_{ph}^{Max} \times T_i = 2pC$$

La capacité du condensateur de conversion charges/tension de l'amplificateur de charges peut donc s'écrire :

$$C_a = \frac{Q_{PEL}^{Max}}{\Delta V_s^{Max}} = 1pF$$

5 Le bruit équivalent  $e_s$  en sortie de l'amplificateur de charges s'écrit donc :

$$e_s = G \times e_a ,$$

10 où  $G$  est le facteur d'amplification mentionné plus haut.

Il vient donc ici :

$$e_s = 180\mu V_{rms}$$

15

Généralement, dans les senseurs quantiques, il est toléré que la chaîne de traitement dégrade d'un facteur  $\sqrt{2}$  les performances de bruit des détecteurs sous flux minimum. Cela signifie que le bruit associé au circuit de lecture est au plus égal au bruit associé au détecteur sous conditions d'éclairement minimales.

Dans l'hypothèse de détecteurs photovoltaïques n'ayant qu'une source de bruit Schottky, il vient alors :

25

$$e_s = \sqrt{\frac{I_{ph}^{min} \times T_i}{q}} \times \frac{q}{C_a}$$

où  $I_{ph}^{min}$  est le courant photonique minimum détectable.

Il vient donc :

$$I_{ph}^{min} = \frac{(e_s \times C_a)^2}{q \times T_i}$$

Soit, ici :

$$I_{ph}^{min} = 200pA.$$

- 5                    La dynamique maximale d'intensité que le circuit de lecture est capable de traiter est donc :

$$D = \frac{I_{ph}^{Max}}{I_{ph}^{min}} \# 10$$

- 10                    Dans certaines applications, cette dynamique n'est pas suffisante. Pour des scènes très contrastées, par exemple, une dynamique de 100 peut en effet s'avérer nécessaire.

- Par ailleurs, selon l'art connu, la réponse en  
 15 Volt/Coulomb du circuit de lecture est la même pour tous les points élémentaires. Cette réponse est donc de faible valeur pour des points élémentaires dont la charge détectée est de faible quantité. C'est le cas, en particulier, pour des images sous flux incident  
 20 réduit lorsqu'il n'est pas possible d'augmenter le temps d'intégration (problème de cadence image et/ou bougé lors de la prise de vue). C'est également le cas lorsque la scène imagée présente un contraste très important : charge détectée proche de la saturation  
 25 pour certaines photodiodes et très inférieure à la saturation pour d'autres. Une réponse de faible valeur en Volt/Coulomb se traduit alors par une plus grande sensibilité relative aux dérives du point de repos de



la chaîne de multiplexage (sortie colonne vers sortie vidéo) et une moindre immunité aux bruits (couplages parasites) sur le signal vidéo.

L'invention ne présente pas les inconvénients mentionnés ci-dessus.

En effet l'invention concerne un circuit de lecture de charges comprenant des moyens de stockage de charges, des moyens d'adressage de charges et des moyens de conversion charges/tension comprenant une capacité de conversion, les moyens d'adressage permettant de contrôler l'injection, dans les moyens de conversion, de charges stockées dans les moyens de stockage. Le circuit comprend des moyens de calibration pour délivrer une information représentative de la charge stockée dans les moyens de stockage et des moyens pour sélectionner la capacité de conversion à partir de ladite information.

L'invention concerne également un dispositif de lecture de charges issues de la détection d'un rayonnement par une matrice de N lignes par M colonnes de détecteurs élémentaires, le dispositif de lecture comprenant un ensemble de  $N \times M$  points élémentaires et des moyens de conversion charges/tension, chaque point élémentaire étant associé à un détecteur élémentaire et comprenant des moyens de stockage pour stocker les charges détectées par le détecteur élémentaire auquel il est associé et des moyens d'adressage pour contrôler l'injection, dans les moyens de conversion, des charges stockées dans les moyens de stockage, les moyens de conversion comprenant une capacité de conversion. Le dispositif est caractérisé en ce qu'un point

élémentaire comprend des moyens de stockage de calibration pour stocker une fraction des charges stockées dans les moyens de stockage et au moins un moyen d'adressage de calibration pour contrôler  
5 l'injection, dans les moyens de conversion, des charges stockées dans les moyens de stockage de calibration et en ce que les moyens de conversion comprennent une première capacité de calibration pour convertir en une tension de calibration les charges adressées provenant  
10 des moyens de stockage de calibration et des moyens pour sélectionner la capacité de conversion à partir de la tension de calibration.

L'invention concerne également un procédé de lecture de charges comprenant successivement une étape  
15 de stockage de charges, une étape d'adressage de charges et une étape de conversion charges/tension, l'étape d'adressage permettant de contrôler l'injection, dans des moyens de conversion charges/tension comprenant une capacité de conversion,  
20 de charges stockées durant l'étape de stockage. Le procédé comprend une étape de calibration pour délivrer une information représentative de la charge stockée lors de l'étape de stockage et une étape de sélection de la capacité de conversion à partir de ladite  
25 information.

L'invention concerne encore un procédé de lecture de charges issues de la détection d'un rayonnement par une matrice de N lignes par M colonnes de détecteurs élémentaires, le procédé comprenant une  
30 étape de lecture des charges détectées par chaque détecteur élémentaire. L'étape de lecture des charges

détectées par chaque détecteur élémentaire s'effectue par un procédé de lecture tel que le procédé selon l'invention mentionné ci-dessus.

## 5 Brève description des figures

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture d'un mode de réalisation préférentiel de l'invention fait en référence aux figures ci-annexées parmi lesquelles :

- 10 - la figure 1 représente un dispositif de lecture de charges de type SCA selon l'art antérieur,
- la figure 2 représente un dispositif de lecture de charges de type SCA selon l'invention,
- la figure 3 représente un perfectionnement du
- 15 dispositif de lecture de charges de type SCA selon l'invention.

## Description détaillée de mode de mise en œuvre de l'invention

20 La figure 1 a été décrite précédemment, il est donc inutile d'y revenir.

La figure 2 représente un dispositif de lecture de charges selon l'invention. Pour des raisons de simplicité, seuls sont représentés sur la figure 2 un

25 détecteur élémentaire constitué d'une diode  $\Delta_{ij}$  et d'un point élémentaire  $P_{ij}$ , un bus colonne  $BC_j$  et un amplificateur de charges  $A_j$ . De façon plus générale, l'invention concerne cependant un dispositif de lecture agencé sous forme de matrice comprenant  $M \times N$

30 détecteurs élémentaires.

Un point élémentaire selon l'invention comprend, outre les transistors  $T_p$ ,  $T_c$  et  $T_a$ , au moins un circuit supplémentaire monté en parallèle des transistors  $T_c$  et  $T_a$  et constitué d'un interrupteur  $I_1$   
5 et de deux transistors supplémentaires  $T_{c_{cal}}$  et  $T_{a_{cal}}$ .

Un amplificateur de charges selon l'invention comprend un comparateur  $K$ , un amplificateur différentiel  $AC$ , une capacité de conversion  $C_{cal}$  montée entre la sortie et l'entrée inverseuse de  
10 l'amplificateur différentiel  $AC$  et au moins un circuit supplémentaire monté en parallèle de la capacité  $C_{cal}$  et constitué d'un interrupteur  $I_2$  et d'une capacité de conversion supplémentaire  $C$ . Un transistor  $T_r$  dont la grille est pilotée par un signal d'horloge  $HR$  est  
15 utilisé comme interrupteur pour réinitialiser la capacité d'intégration.

C'est à titre d'exemple non limitatif que le point élémentaire représenté en figure 2 ne comprend qu'un seul circuit supplémentaire monté en parallèle  
20 des transistors  $T_c$  et  $T_a$  et que l'amplificateur de charge ne comprend qu'un seul circuit supplémentaire monté en parallèle de la capacité  $C_{cal}$ .

Lorsque l'interrupteur  $I_1$  est fermé, le courant photonique délivré par la diode  $\Delta_{ij}$  attaque le canal  
25 des deux transistors MOS d'intégration  $T_c$  et  $T_{c_{cal}}$ . L'interrupteur  $I_1$  permet de contrôler l'intégration dans le transistor  $T_{c_{cal}}$ . Il empêche le retour arrière des charges stockées dans le transistor  $T_{c_{cal}}$  lors de la lecture du point élémentaire. Les transistors  $T_a$  et  
30  $T_{a_{cal}}$  permettent de contrôler l'injection des charges

stockées respectivement dans les transistors  $T_c$  et  $T_{cal}$  selon le principe du SCA.

Le bus colonne  $BC_j$  attaque l'entrée inverseuse de l'amplificateur de charge  $A_j$  dont l'entrée non-  
 5 inverseuse est reliée à une tension de référence  $V_{ref}$ . Le condensateur  $C$  est connecté en parallèle du condensateur  $C_{cal}$  au moyen de l'interrupteur  $I2$ . L'interrupteur  $I2$  est commandé par un signal logique de  
 10 comparaison  $S_{log}$  issu du comparateur  $K$ . Le signal logique  $S_{log}$  est issu de la comparaison de la tension  $V_s$  prise en sortie de l'amplificateur différentiel  $AC$  avec une tension de seuil  $V_{seuil}$ .

La prise de vue s'effectue par intégration simultanée des charges détectées dans les transistors  
 15  $T_c$  et  $T_{cal}$  (l'interrupteur  $I1$  est en position fermée). La capacité d'intégration du point élémentaire  $P_{ij}$  est alors la somme de la capacité d'intégration présentée par le transistor  $T_c$  et de la capacité d'intégration présentée par le transistor  $T_{cal}$ .

20 Une fois la prise de vue effectuée, la lecture de la charge stockée dans le point élémentaire est réalisée selon deux phases successives.

Dans une première phase, l'interrupteur  $I2$  étant ouvert, seule la charge  $Q_{cal}$  stockée dans le  
 25 transistor  $T_{cal}$  est injectée dans la capacité de conversion  $C_{cal}$  de l'amplificateur  $A_j$ , réinitialisée auparavant par  $Tr$ . Des signaux d'horloge  $HA_{cali}$  et  $HC_{cali}$  sont alors appliqués sur les grilles des transistors respectifs  $T_{cal}$  et  $T_{cal}$  pour autoriser le transfert de  
 30 la charge  $Q_{cal}$ . La variation  $\Delta V_{Conv}^{max}$  de la tension de

sortie  $V_s$  de l'amplificateur  $A_j$  est alors donnée par la relation :

$$\Delta V_{\text{CONV}}^{\text{max}} = Q_{\text{cal}} / C_{\text{cal}}.$$

5

Cette variation de tension constitue une mesure représentative de la charge totale stockée dans le point élémentaire. Si la variation de tension  $\Delta V_{\text{CONV}}^{\text{max}}$  porte la tension  $V_s$  à une valeur supérieure à la tension de seuil  $V_{\text{seuil}}$ , le comparateur K délivre un signal logique de comparaison  $S_{\text{log}}$  qui commande la fermeture de l'interrupteur I2. La capacité de contre-réaction de l'amplificateur  $A_j$  est alors constituée par les condensateurs C et  $C_{\text{cal}}$  en parallèle. Dans le cas contraire, l'interrupteur I2 n'est pas refermé et seul le condensateur  $C_{\text{cal}}$  reste connecté en contre-réaction.

Dans une deuxième phase, le signal d'horloge  $HA_i$  appliqué sur la grille du transistor Ta et associé au signal d'horloge  $HCI$  appliqué sur la grille du transistor Tc autorise le transfert de la charge stockée dans le transistor Tc vers la capacité de contre-réaction de l'amplificateur  $A_j$ . La charge stockée dans le transistor Tc est alors transférée soit dans la seule capacité  $C_{\text{cal}}$ , soit dans les capacités  $C_{\text{cal}}$  et C en parallèle.

L'information disponible en sortie de l'amplificateur  $A_j$  est constituée de la tension de conversion  $V_s$  délivrée par l'amplificateur différentiel AC et du signal de comparaison  $S_{\text{log}}$  délivré par le comparateur K. Le signal  $V_s$  seul ne permet pas de retrouver la valeur de la charge stockée. Pour

retrouver la valeur de la charge stockée, il faut en effet connaître le calibre qui a été utilisé pour faire la mesure. Ce calibre est donné par le signal de comparaison  $S_{log}$ . La valeur de la charge stockée est  
 5 alors calculée à partir de la tension de conversion  $V_s$  et du signal de comparaison  $S_{log}$ .

En fait, pour une même valeur  $V_s$ , on peut remonter à deux valeurs de charges (l'une stockée sur  $C_{cal}$  et l'autre stockée sur  $C_{cal}$  et  $C$ ) de valeurs très  
 10 différentes. Ce mode de lecture est appliqué, ligne par ligne, à tous les points élémentaires de la colonne.

Selon le mode de réalisation de l'invention décrit ci-dessus, deux calibres de conversion sont utilisés pour la conversion charges/tension. De façon  
 15 plus générale, l'invention concerne un dispositif de lecture de charges comprenant au moins  $P$  calibres de conversion,  $P$  étant un nombre supérieur ou égal à 2. Le comparateur  $K$  travaille alors sur  $P-1$  niveaux.

Un exemple de réalisation de circuit de lecture  
 20 selon l'invention va maintenant être décrit. Le circuit de lecture comprend :

- un transistor d'intégration  $T_c$  dont la valeur de la capacité d'intégration est égale à  $9 \times C_{int}/10$ ,
- un transistor d'intégration supplémentaire  $T_{cal}$  dont  
 25 la valeur de la capacité d'intégration est égale à  $C_{int}/10$ ,
- une capacité  $C_{cal}$  dont la valeur est égale à  $C_{ref}/10$ ,  
 et
- une capacité  $C$  dont la valeur de capacité est égale  
 30 à  $9 \times C_{ref}/10$ ,

la grandeur  $C_{ref}$  étant une valeur de capacité de référence, par exemple égale à 1pF et  $C_{int}$  étant du même ordre de grandeur.

Lorsque l'interrupteur I1 est fermé, la  
 5 capacité totale d'intégration a donc pour valeur  $C_{int}$ .  
 De même, lorsque l'interrupteur I2 est fermé, la  
 capacité totale de conversion a pour valeur  $C_{ref}$ .

Supposons que la variation maximum de tension  
 aux bornes de la capacité totale de lecture soit égale  
 10 à 1 volt et que la tension de seuil du comparateur soit  
 égale à 0,1 volt.

Si la photo-charge intégrée dans un point  
 élémentaire développe une variation de tension  
 inférieure à 0,1 volt, alors la tension sortie de  
 15 l'amplificateur de charge  $A_j$  est également inférieure à  
 0,1 volt à l'issue de la première phase. L'interrupteur  
 I2 reste ouvert et la charge stockée dans le transistor  
 d'intégration  $T_c$  est transmise dans la capacité  $C_{cal}$ . La  
 conversion en tension est ainsi effectuée sur un  
 20 calibre capacitif de valeur  $C_{ref}/10$ .

Si la photo-charge intégrée dans un point  
 élémentaire développe une variation de tension  
 supérieure à 0,1 volt, alors la tension de sortie de  
 l'amplificateur de charge  $A_j$  est également supérieure à  
 25 0,1 volt à l'issue de la première phase. L'interrupteur  
 I2 se ferme et la charge stockée dans le transistor  
 d'intégration  $T_c$  est transmise dans la capacité  $C_{cal}+C$ .  
 La conversion en tension est ainsi effectuée sur un  
 calibre capacitif de valeur  $C_{ref}$ .

30 En résumé, si la charge intégrée est inférieure  
 à  $C_{int} \times 0,1 \text{ V}$ , la réponse de l'amplificateur  $A_j$  est



égale à  $[C_{ref}/10]^{-1}$  Volt/Coulomb et, si la charge intégrée est supérieure à  $C_{int} \times 0,1$  V, la réponse de l'amplificateur  $A_j$  est égale à  $C_{ref}^{-1}$  Volt/Coulomb.

Entre les deux phases de conversion, l'amplificateur de charges peut-être ré-initialisé ou non, une ré-initialisation de l'amplificateur de charge conduisant à une perte de la charge  $Q_{cal}$ .

La présence d'un calibre de grande sensibilité de conversion ( $[C_{ref}/10]^{-1}$  Volt/Coulomb) permet  
10 avantageusement de traiter la détection de faibles quantités de charges correspondant à un faible courant photonique, par exemple un courant  $I_{ph}$  inférieur à 200pA.

Dans le cas où le calibre de grande sensibilité  
15 de conversion est utilisé, le facteur d'amplification de bruit en sortie de l'amplificateur de charges s'écrit :

$$G = ((C_{in} + C_{cal})/C_{cal})^{1/2}.$$

20

Toutes choses égales par ailleurs (voir l'exemple numérique ci-dessus), le bruit équivalent  $e_s$  en sortie de l'amplificateur de charges s'écrit alors :

25

$$e_s = 510 \mu V_{rms}$$

Avantageusement, il apparaît ainsi que le signal est augmenté d'un facteur 10  $[(C+C_{cal})/C_{cal}]$  alors que le bruit de chaîne de traitement n'augmente  
30 que d'un facteur 2,8 (510/180).

Dans l'hypothèse d'un détecteur photovoltaïque

n'ayant qu'une source de bruit Schottky, la limitation de dynamique qu'il est possible de traiter avec le calibre de grande sensibilité se traduit par l'équation suivante :

5

$$I_{ph}^{min} = \frac{(e_s \times C_{cal})^2}{q \times T_i} \quad (3)$$

Il vient donc :

$$I_{ph}^{min} = 8 \text{ pA}$$

10

La dynamique maximale que le circuit de lecture peut traiter s'écrit alors :

$$D = \frac{I_{ph}^{Max}}{I_{ph}^{min}} \# 120$$

15

Le calibre de forte sensibilité permet ainsi d'augmenter considérablement la dynamique de traitement d'une architecture de type SCA.

Comme représenté en figure 3, selon un perfectionnement de l'invention, le signal logique  $S_{log}$  généré lors de la phase de calibration et servant à la sélection du calibre de conversion charges/tension peut également être utilisé pour ajuster le courant de repos de l'amplificateur de charges en fonction du paquet de charges à convertir. Le circuit de lecture selon l'invention comprend alors des moyens  $M_j$  d'ajustage du courant de repos commandés par le signal logique de comparaison  $S_{log}$ .

20  
25

Ceci permet d'optimiser la consommation des

amplificateurs de charges du dispositif de lecture en fonction de la quantité de charges à convertir.

Si le courant de repos de l'amplificateur de charges est fixé à une valeur  $I_1$  dans le cas où la tension  $V_s$  mesurée lors de la phase de calibration est inférieure à la tension de seuil  $V_{seuil}$ , il est alors possible de porter le courant de repos à une valeur  $I_2$  supérieure à  $I_1$  dans le cas où la tension  $V_s$  mesurée lors de la phase de calibration est supérieure à  $V_{seuil}$ .

10

## REVENDECATIONS

1. Circuit de lecture de charges comprenant des  
 moyens de stockage de charges ( $T_c$ ), des moyens  
 5 d'adressage de charges ( $T_a$ ) et des moyens de conversion  
 charges/tension ( $A_j$ ) comprenant une capacité de  
 conversion, les moyens d'adressage permettant de  
 contrôler l'injection, dans les moyens de conversion,  
 de charges stockées dans les moyens de stockage,  
 10 caractérisé en ce qu'il comprend des moyens de  
 calibration ( $T_{cal}$ ,  $T_{a_{cal}}$ ,  $I_1$ ,  $C_{cal}$ ) pour délivrer une  
 information ( $V_s$ ) représentative de la charge stockée  
 dans les moyens de stockage et des moyens ( $K$ ,  $I_2$ ) pour  
 sélectionner la capacité de conversion à partir de  
 15 ladite information.

2. Circuit de lecture de charges selon la  
 revendication 1, caractérisé en ce que les moyens de  
 calibration comprennent :

- 20 - des moyens de stockage de calibration ( $T_{cal}$ ) pour  
 stocker une fraction des charges stockées dans les  
 moyens de stockage,
- des moyens d'adressage de calibration ( $T_{a_{cal}}$ ) pour  
 contrôler l'injection, dans les moyens de conversion  
 25 ( $A_j$ ), de la fraction de charges stockées dans les  
 moyens de stockage de calibration, et
- une capacité de calibration ( $C_{cal}$ ) pour convertir en  
 une tension de calibration la charge adressée  
 provenant des moyens de stockage de calibration  
 30 ( $T_{cal}$ ),

et en ce que les moyens pour sélectionner la capacité de conversion à partir de ladite information comprennent :

- un comparateur (K) pour délivrer un signal de  
5 comparaison ( $S_{log}$ ) suite à la comparaison de la tension de calibration avec une tension de seuil ( $V_{seuil}$ ), et
- au moins un interrupteur (I2) commandé par le signal de comparaison ( $S_{log}$ ) pour connecter au moins une  
10 capacité supplémentaire (C) en parallèle de la capacité de calibration ( $C_{cal}$ ) si la tension de calibration est supérieure à la tension de seuil de façon que la capacité de conversion soit constituée de la capacité de calibration et de la capacité  
15 supplémentaire.

3. Circuit de lecture de charges selon la revendication 2, caractérisé en ce que les moyens de conversion comprennent un amplificateur différentiel  
20 (AC) ayant une entrée inverseuse et une sortie, la capacité de calibration ( $C_{cal}$ ) étant montée entre l'entrée inverseuse et la sortie de l'amplificateur différentiel (AC).

25 4. Circuit de lecture de charges selon la revendication 3, caractérisé en ce qu'il comprend des moyens de contrôle ( $M_j$ ) d'un courant de repos de l'amplificateur différentiel (AC) commandés par le signal de comparaison.

30

5. Dispositif de lecture de charges issues de la détection d'un rayonnement par une matrice de N lignes par M colonnes de détecteurs élémentaires ( $\Delta_{ij}$ ), le dispositif de lecture comprenant un ensemble de N x M points élémentaires ( $P_{ij}$ ) et des moyens de conversion charges/tension ( $A_j$ ), chaque point élémentaire étant associé à un détecteur élémentaire et comprenant des moyens de stockage ( $T_c$ ) pour stocker les charges détectées par le détecteur élémentaire auquel il est associé et des moyens d'adressage ( $T_a$ ) pour contrôler l'injection, dans les moyens de conversion, des charges stockées dans les moyens de stockage, les moyens de conversion comprenant une capacité de conversion, caractérisé en ce qu'un point élémentaire comprend des moyens de stockage de calibration ( $T_{c_{cal}}$ ) pour stocker une fraction des charges stockées dans les moyens de stockage et des moyens d'adressage de calibration ( $T_{a_{cal}}$ ) pour contrôler l'injection, dans les moyens de conversion, des charges stockées dans les moyens de stockage de calibration et en ce que les moyens de conversion ( $A_j$ ) comprennent une première capacité de calibration ( $C_{cal}$ ) pour convertir en une tension de calibration les charges adressées provenant des moyens de stockage de calibration ( $T_{c_{cal}}$ ) et des moyens pour sélectionner la capacité de conversion à partir de la tension de calibration.

6. Dispositif selon la revendication 5, caractérisé en ce que les moyens pour sélectionner la capacité de conversion comprennent un comparateur (K) pour délivrer un signal de comparaison ( $S_{log}$ ) suite à la

comparaison de la tension de calibration avec une tension de seuil ( $V_{\text{seuil}}$ ) et au moins un interrupteur (I2) commandé par le signal de comparaison pour connecter une capacité supplémentaire en parallèle de la capacité de calibration si la tension de calibration est supérieure à la tension de seuil de façon que la capacité de conversion soit constituée de la capacité de calibration et de la capacité supplémentaire.

10           7. Dispositif de lecture de charges selon la revendication 6, caractérisé en ce que le circuit de conversion ( $A_j$ ) comprend un amplificateur différentiel (AC) ayant une entrée inverseuse et une sortie, la capacité de calibration ( $C_{\text{cal}}$ ) étant montée entre  
15 l'entrée inverseuse et la sortie.

          8. Dispositif de lecture de charges selon la revendication 7, caractérisé en ce qu'il comprend des moyens de contrôle ( $M_j$ ) d'un courant de repos de  
20 l'amplificateur différentiel (AC).

          9. Procédé de lecture de charges comprenant une étape de stockage de charges, une étape d'adressage de charges et une étape de conversion charges/tension pour  
25 convertir une charge lue en une tension de conversion, l'étape d'adressage permettant de contrôler l'injection, dans des moyens de conversion charges/tension ( $A_j$ ) comprenant une capacité de conversion ( $C_{\text{cal}}$ ), de charges stockées durant l'étape de  
30 stockage, caractérisé en ce qu'il comprend une étape de calibration pour délivrer une information

représentative de la charge stockée lors de l'étape de stockage et une étape de sélection de la capacité de conversion à partir de ladite information.

5           10. Procédé de lecture de charges selon la revendication 9, caractérisé en ce que l'étape de calibration comprend une étape de stockage de calibration pour stocker une fraction des charges stockées lors de l'étape de stockage, une étape  
10 d'adressage de calibration pour contrôler l'injection, dans les moyens de conversion ( $A_j$ ), de la fraction de charges et une étape de conversion en une tension de calibration, à l'aide d'une capacité de calibration ( $C_{cal}$ ), de la fraction de charges injectée dans les  
15 moyens de conversion et en ce que l'étape de sélection de la capacité de conversion comprend une étape de comparaison pour délivrer un signal de comparaison suite à la comparaison de la tension de calibration avec une tension de seuil et une étape de commande d'au  
20 moins un interrupteur ( $I_2$ ) pour connecter une capacité supplémentaire ( $C$ ) en parallèle de la capacité de calibration si la tension de calibration est supérieure à la tension de seuil de façon que la capacité de conversion soit constituée de la capacité de  
25 calibration et de la capacité supplémentaire.

11. Procédé de lecture de charges selon la revendication 10, caractérisé en ce que, les moyens de conversion comprenant un amplificateur différentiel  
30 ( $AC$ ), il comprend une étape de contrôle d'un courant de



repos de l'amplificateur différentiel commandés par le signal de comparaison.

12. Procédé de lecture de charges selon l'une  
5 quelconque des revendications 10 ou 11, caractérisé en ce qu'il comprend une étape pour mesurer la valeur d'une charge lue à partir de la tension de conversion mesurée aux bornes de la capacité de conversion et du signal de comparaison ( $S_{log}$ ).

10

13. Procédé de lecture de charges issues de la détection d'un rayonnement par une matrice de N lignes par M colonnes de détecteurs élémentaires, le procédé comprenant une étape de lecture des charges détectées  
15 par chaque détecteur élémentaire, caractérisé en ce que l'étape de lecture des charges détectées par chaque détecteur élémentaire s'effectue par un procédé selon l'une quelconque des revendications 9 à 12.

20

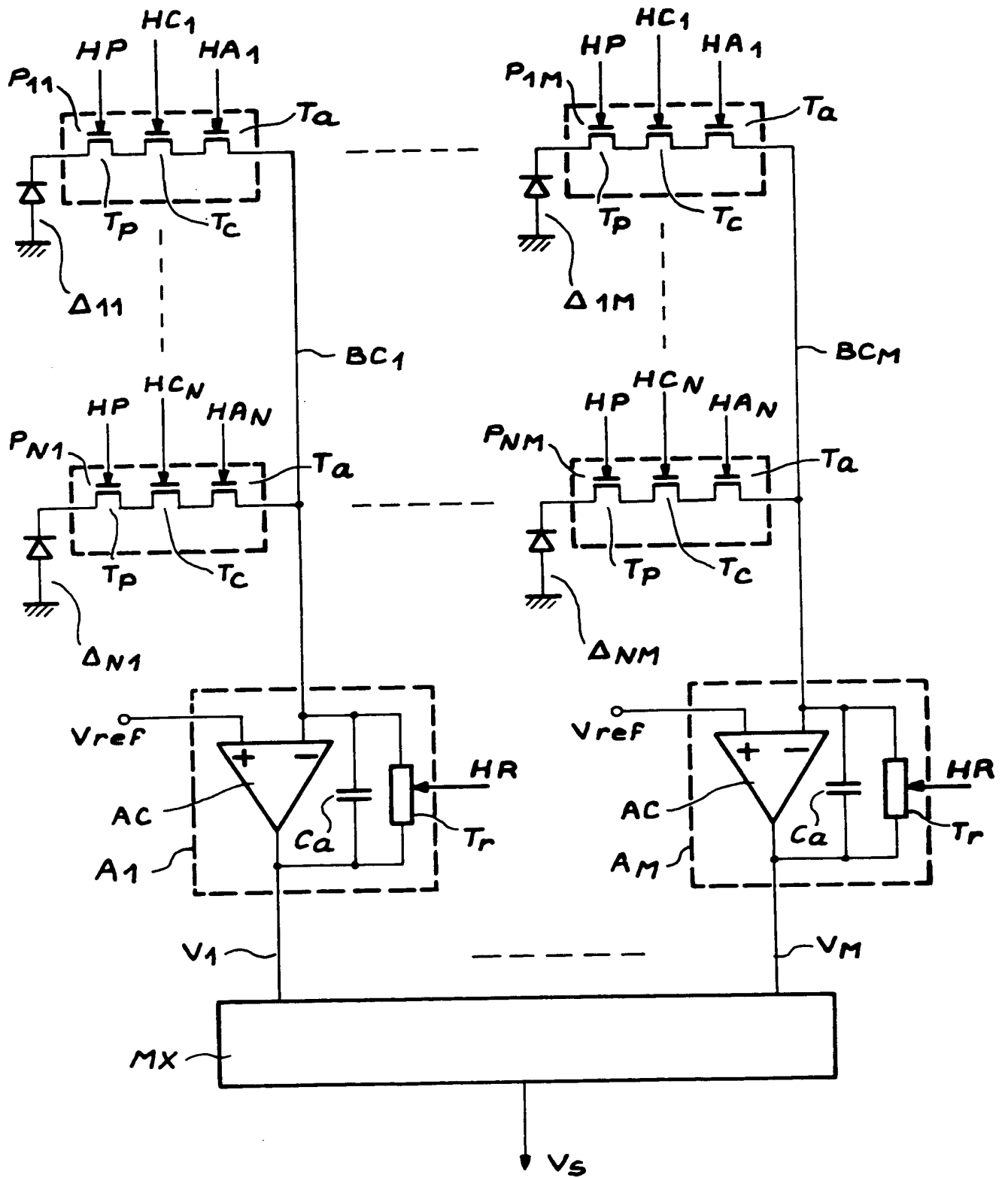


FIG. 1

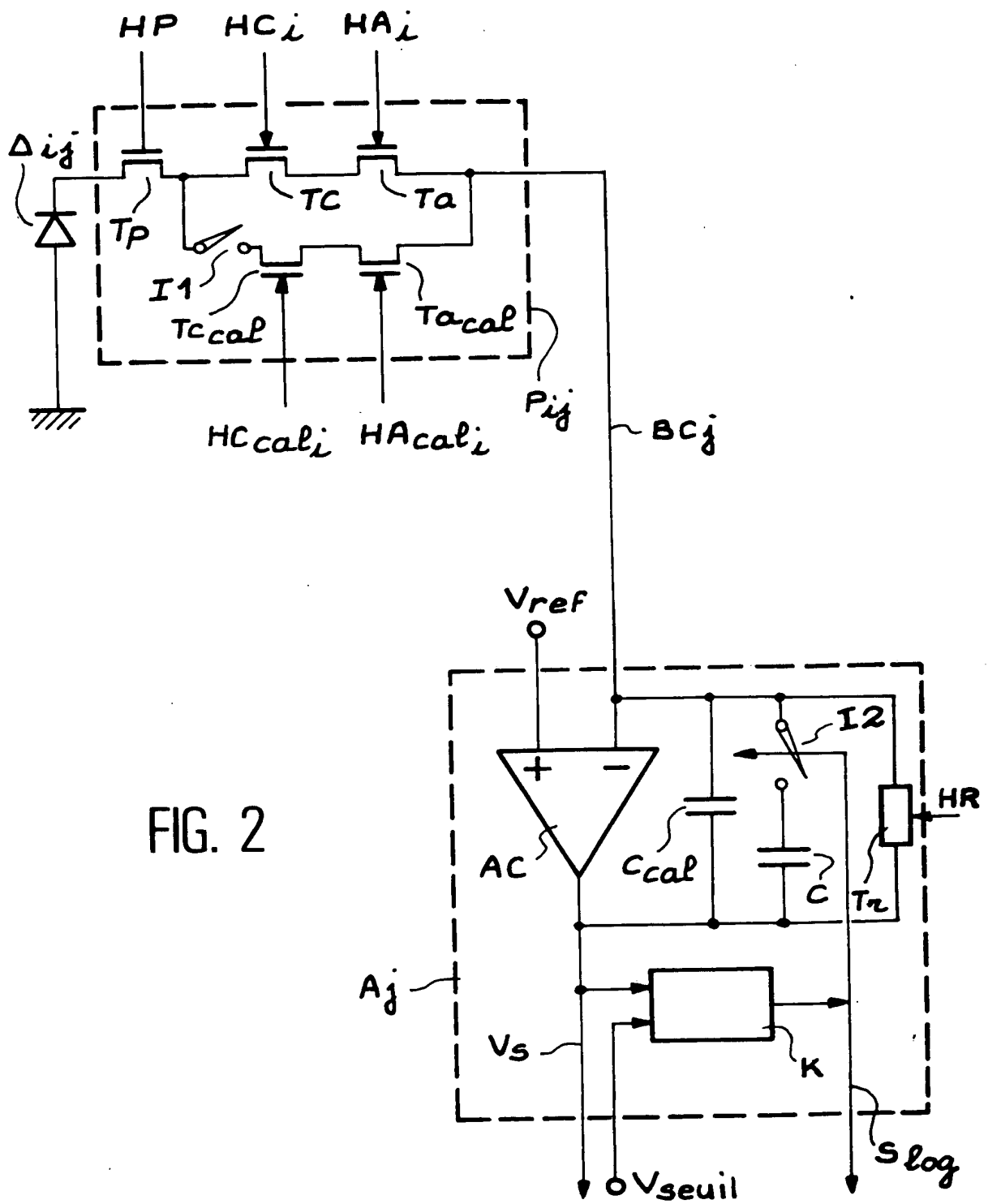


FIG. 2

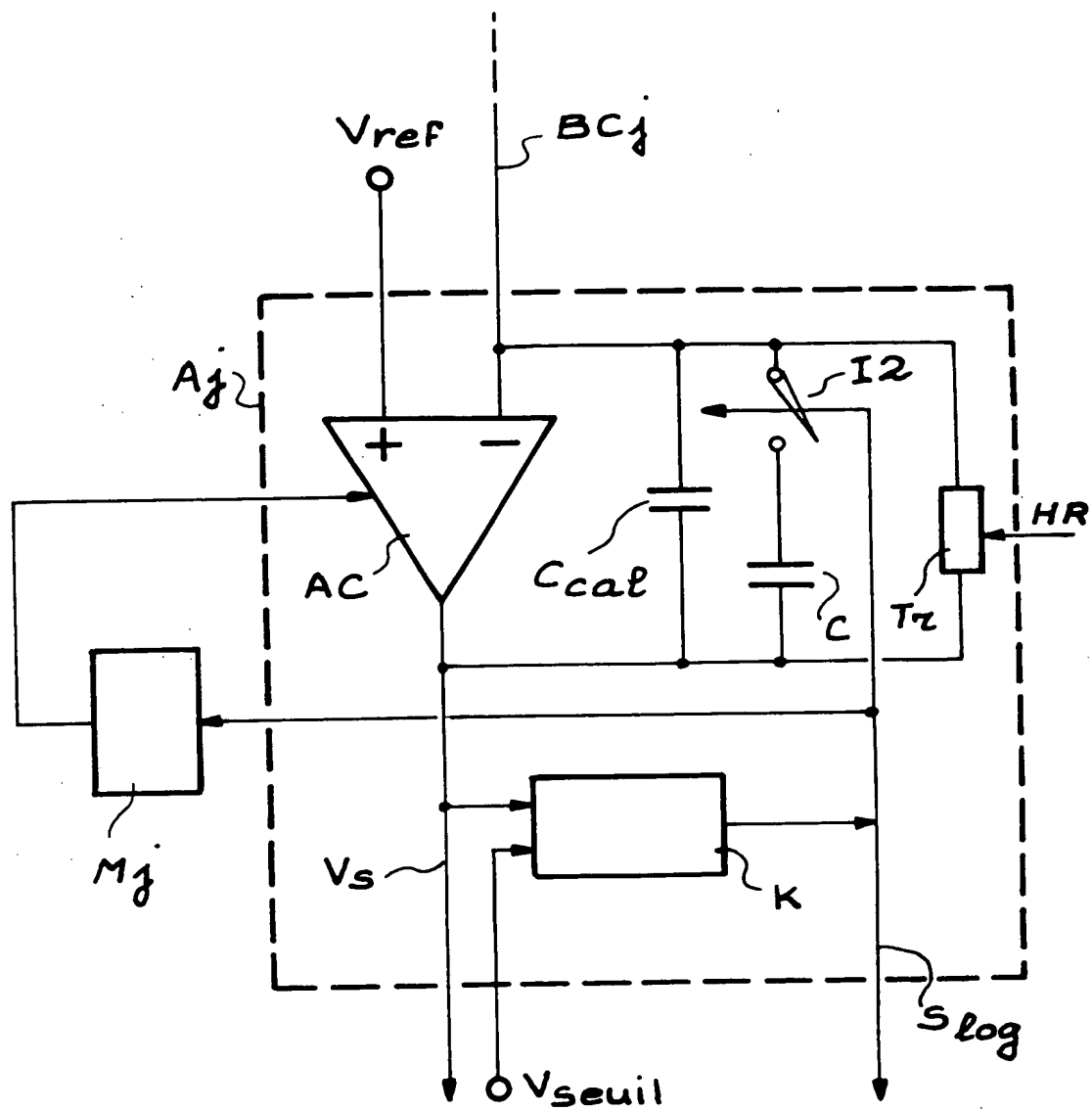


FIG. 3